Лабораторная работа №8

Тема:Построение 3D – объекта с учетом освещения

Задание:

Задание.

Создать приложение Windows для изображения шара, который освещается источником света.

Изменяемые параметры:

- положение источника света в мировой сферической системе координат (r, φ, θ);
- положение наблюдателя в мировой сферической системе координат (r, φ, θ);
- цвет источника света;

Изображение шара строить изображением его отдельных точек с рассчитанным уровнем освещенности.

Координаты точек вычислять с подобранным шагом $(\Delta\varphi)$ по углу φ и подобранным шагом $(\Delta\theta)$ по углу θ.

Использовать аксонометрическая проекцию фигуры на картинную плоскость.

Использовать **диффузионную** и **зеркальную** модели отражения света от поверхности шара.

Модель отражения света устанавливается выбором соответствующего пункта меню:

Sphere ►Diffuse_model;
Sphere ►Mirror_model.

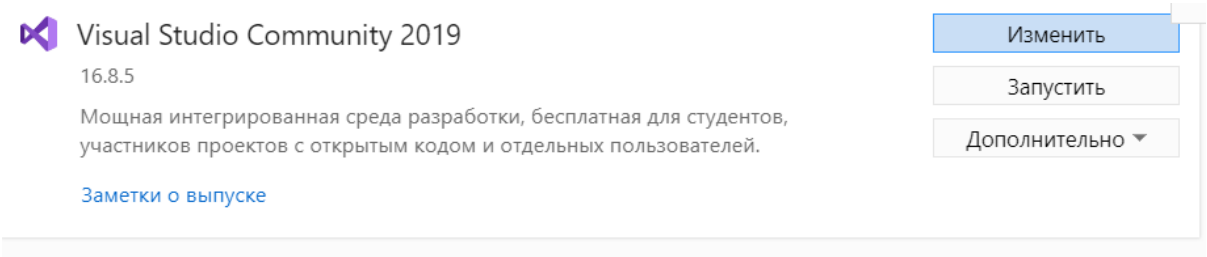
Для отображения шара создать функцию

```
void DrawLightSphere(CDC& dc,double Radius,CMatrix&
PView,CMatrix& PSourceLight,CRect RW,COLORREF Color,int
Index)

// Рисует сферу с учетом освещенности
// Radius - Радиус сферы
// PView - координаты точки наблюдения в мировой сферической
   системе координат(r,fi(град.), q(град.))
//  PSourceLight - координаты источника света в мировой
   сферической системе координат(r,fi(град.), q(град.))
// RW - область в окне для отображение шара
```

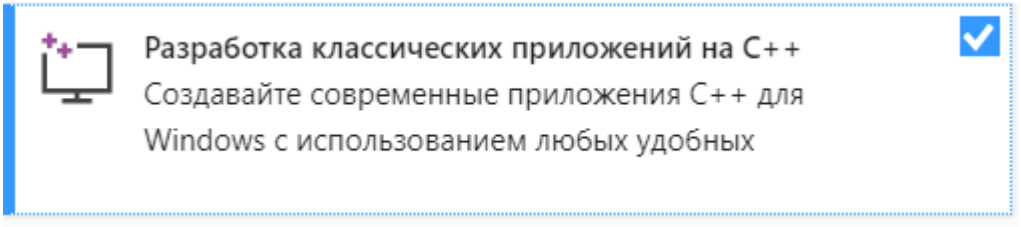
```
// Color - цвет источника света
// Index=0 -  Диффузионная модель отражения света
// Index=1 -  Зеркальная модель отражения света
```

Для выполнения этой лабораторной работой, вам требуется установить библиотеку MFC.

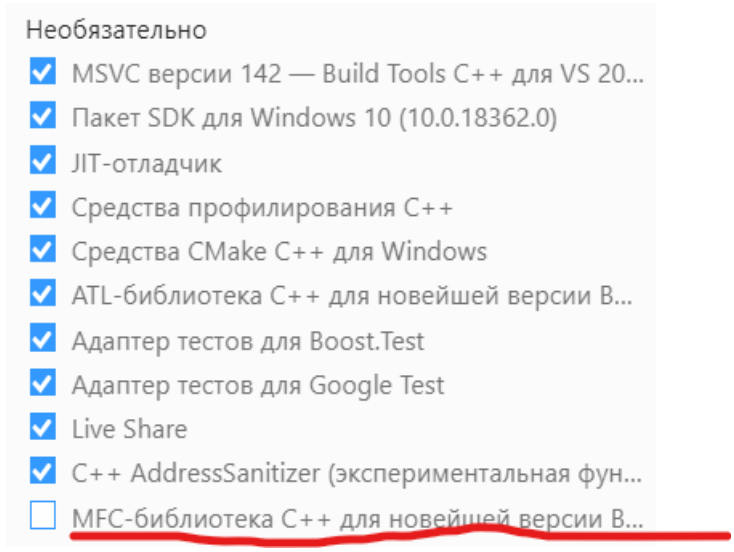
Заходим в Visual Studio Installer. Для добавления новых компонентов нажмите кнопку “Изменить”.



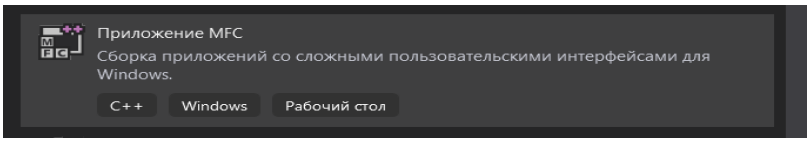
Выбираем пункт Разработка классических приложений на C++.



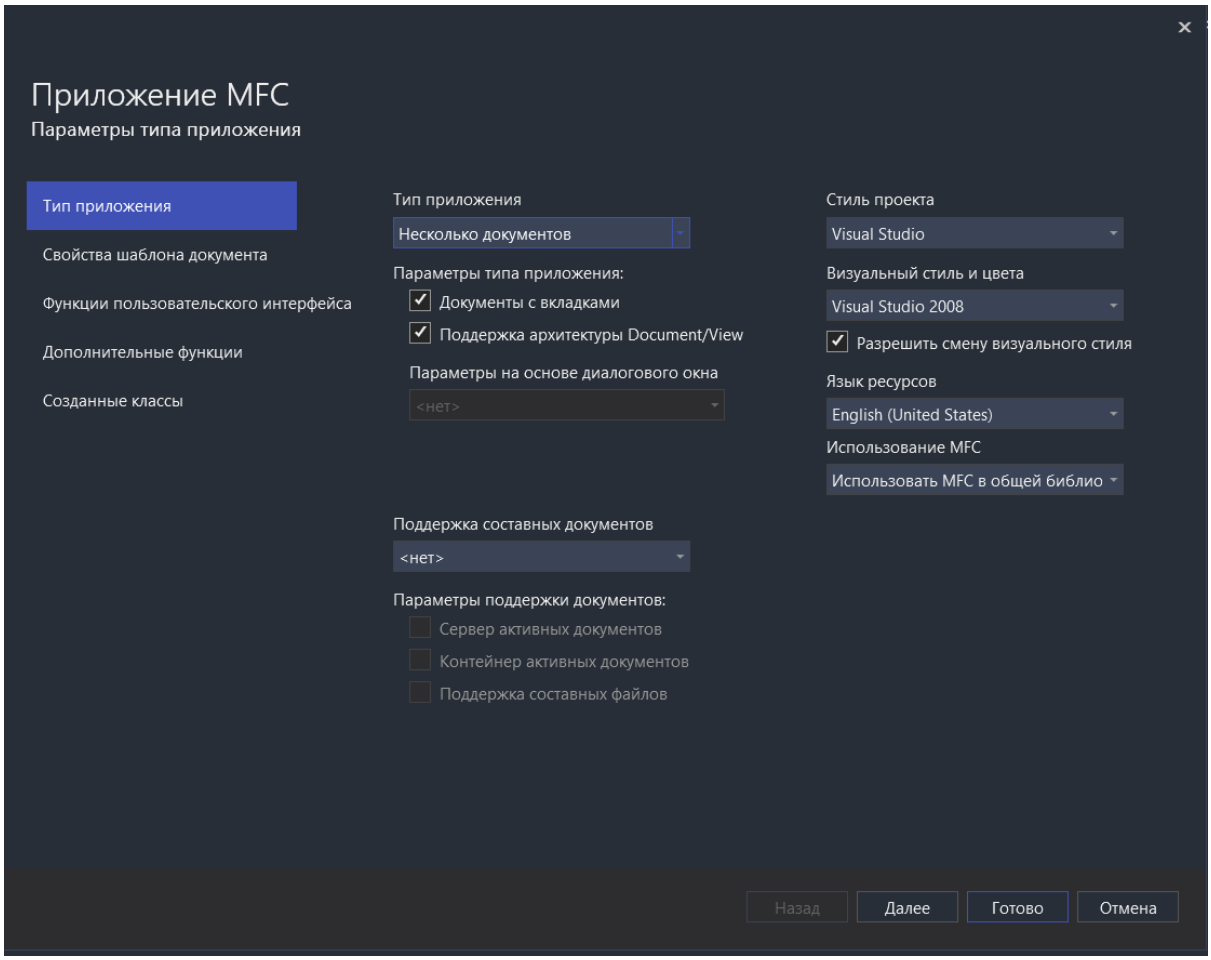
Далее в меню пакетов выбираем MFC-библиотеку C++.

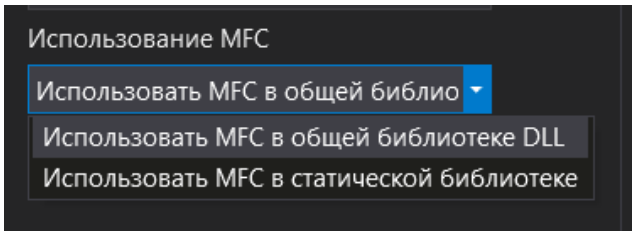


Создаём приложение MFC



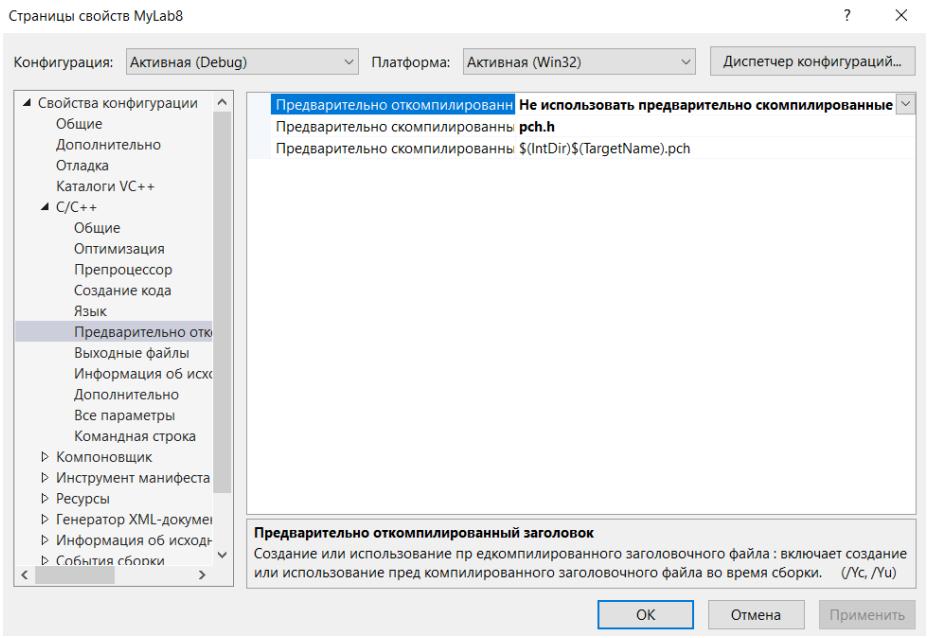
В настройках убеждаемся, что библиотека MFC будет использоваться в общей DLL



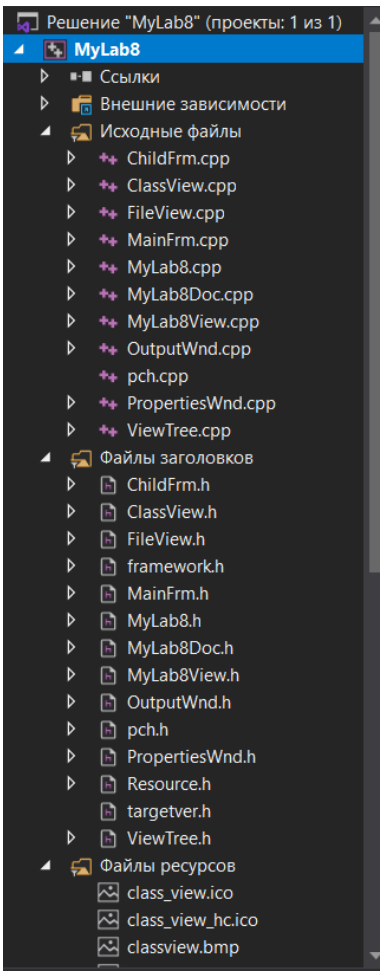


После удаления мусора, заходим в свойства проекта. Тыкаем на C/C++ и выбираем Предварительно откомпилированный или как там не вижу по скрину. И ставим что мы НЕ БУДЕМ использовать этот pch.h. Мы будем юзать stdafx для мерджина.

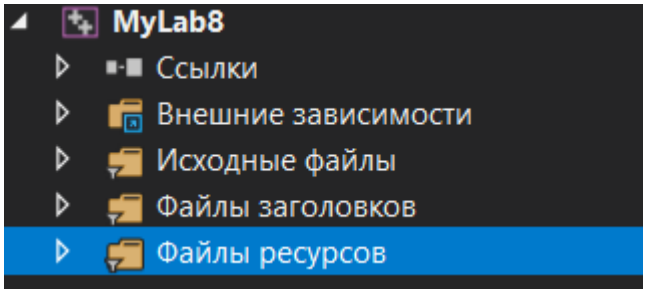
Теперь заходим в свойства проекта, C/C++, Предварительно откомпилированные и выбрать “Не использовать предварительно скомпилированные заголовки”.



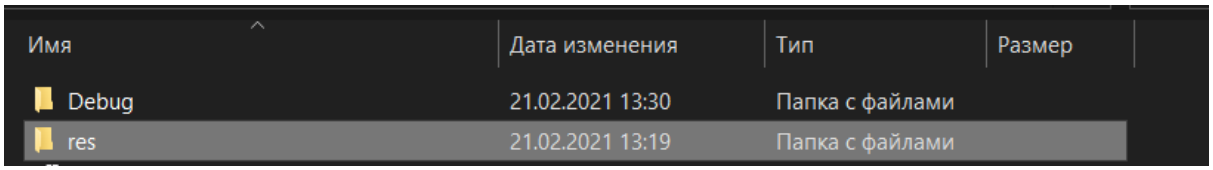
Чтобы начать работу над проектом, требуется удалить все созданные, при создании приложения, файлы.



Нам понадобятся файлы ресурсов.



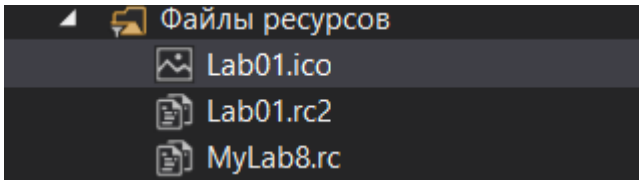
Эти файлы располагаются в папке с проектом в папке res



Если этой папки нет, то нужно ее создать. Или попробовать откомпилировать проект.

Изначально, после создания проекта, в ресурсах появится очень много файлов. Их все УДАЛЯЕМ, а не исключаем из проекта.

Вместе с этой лабораторной работой будет архив с нужными ресурсами. Их всего 3. Закидываем эти ресурсы в папку res, и добавляем в наш проект.
Получится вот так.



Их не надо менять, код, написанный далее. Он будет забинжен под эти ресурсы.

Далее создадим файл stdafx.h и stdafx.cpp, в котором будет служебная информация а также подключения нужных нам заголовочных файлов.

stdafx.h:

```
// stdafx.h: включите файл для добавления стандартных системных файлов
//или конкретных файлов проектов, часто используемых,
// но редко изменяемых

#pragma once

#ifndef VC_EXTRALEAN
#define VC_EXTRALEAN            // Исключите редко используемые
```

```
компоненты из заголовков Windows
#endif

#include "targetver.h"

#define _ATL_CSTRING_EXPLICIT_CONSTRUCTORS      // некоторые конструкторы
CString будут явными

// отключает функцию скрытия некоторых общих и часто пропускаемых
предупреждений MFC
#define _AFX_ALL_WARNINGS

#include <afxwin.h>         // основные и стандартные компоненты MFC
#include <afxext.h>         // расширения MFC

#include <FLOAT.H> // Для  DBL_MAX , DBL_MIN
#include <fstream>
#include <math.h>
#include "CMatrix.h"
#include <vector>

#include "LibGraph.h"



#ifndef _AFX_NO_OLE_SUPPORT
#include <afxdtctl.h>           // поддержка MFC для типовых элементов
управления Internet Explorer 4
#endif
#ifndef _AFX_NO_AFXCMN_SUPPORT
#include <afxcmn.h>             // поддержка MFC для типовых элементов
управления Windows
#endif // _AFX_NO_AFXCMN_SUPPORT

#include <afxcontrolbars.h>     // поддержка MFC для лент и панелей
управления



#ifdef _UNICODE
#if defined _M_IX86
#pragma comment(linker,"/manifestdependency:\"type='win32'
name='Microsoft.Windows.Common-Controls' version='6.0.0.0'
processorArchitecture='x86' publicKeyToken='6595b64144ccf1df'
language='*'\"")
#elif defined _M_X64
#pragma comment(linker,"/manifestdependency:\"type='win32'
name='Microsoft.Windows.Common-Controls' version='6.0.0.0'
processorArchitecture='amd64' publicKeyToken='6595b64144ccf1df'
language='*'\"")
#else
#pragma comment(linker,"/manifestdependency:\"type='win32'
name='Microsoft.Windows.Common-Controls' version='6.0.0.0'
processorArchitecture='*' publicKeyToken='6595b64144ccf1df'
language='*'\"")
#endif
#endif
```

Большинство заголовочных файлов будет подчеркнуто красным. Реализацию этих файлов напишем позже.

Теперь напишем stdafx.cpp:

```
#include "stdafx.h"
```

Он будет содержать в себе только подключение заголовочного файла. Далее нам нужно создать 2 заголовочных файла, Resource.h и targetver.h

Файл Resource.h будет содержать в себе константы:

```
//{{NO_DEPENDENCIES}}
// Включаемый файл, созданный в Microsoft Visual C++.
// Используется в Lab01.rc
//
#define IDD_ABOUTBOX                    100
#define IDP_OLE_INIT_FAILED             100
#define IDR_MAINFRAME                   128
#define IDR_Lab01TYPE                   130
#define ID_Sphere_Mirror                32771
#define ID_Sphere_Diffuse               32772

// Следующие стандартные значения для новых объектов
//
#ifdef APSTUDIO_INVOKED
#ifndef APSTUDIO_READONLY_SYMBOLS
#define _APS_NEXT_RESOURCE_VALUE        312
#define _APS_NEXT_COMMAND_VALUE         32776
#define _APS_NEXT_CONTROL_VALUE         1000
#define _APS_NEXT_SYMED_VALUE           310
#endif
#endif
```

А файл targetver.h содержит подключение SDKDDKVer.h

```
#pragma once

// Включение SDKDDKVer.h обеспечивает определение самой последней
доступной платформы Windows.

// Если требуется выполнить сборку приложения для предыдущей версии
Windows, включите WinSDKVer.h и
// задайте для макроопределения _WIN32_WINNT значение поддерживаемой
платформы перед вхождением SDKDDKVer.h.

#include <SDKDDKVer.h>
```

Реализуем матрицу CMatrix.cpp и CMatrix.h.

CMatrix.h:

```
#ifndef CMATRIXH
# define CMATRIXH 1
class CMatrix
{
    double** array;
    int n_rows;                          // Число строк
    int n_cols;                          // Число столбцов
public:
    CMatrix();                           // Конструктор по умолчанию (1 на 1)
    CMatrix(int, int);                   // Конструктор
    CMatrix(int);                        // Конструктор -вектора (один столбец)
    CMatrix(const CMatrix&);             // Конструктор копирования
    ~CMatrix();
    double& operator()(int, int);         // Выбор элемента матрицы по индексу
    double& operator()(int);             // Выбор элемента вектора по индексу
    CMatrix operator-();                 // Оператор "-"
    CMatrix operator=(const CMatrix&);   // Оператор "Присвоить":    M1=M2
    CMatrix operator*(CMatrix&);         // Оператор "Произведение": M1*M2
    CMatrix operator+(CMatrix&);         // Оператор "+": M1+M2
    CMatrix operator-(CMatrix&);         // Оператор "-": M1-M2
    CMatrix operator+(double);           // Оператор "+": M+a
    CMatrix operator-(double);           // Оператор "-": M-a
    CMatrix operator*(double);           // Оператор "-": M-a
    int rows()const { return n_rows; };   // Возвращает число строк
    int cols()const { return n_cols; };    // Возвращает число строк
    CMatrix Transp();                    // Возвращает матрицу,транспонированную к
текущей
    CMatrix GetRow(int);                 // Возвращает строку по номеру
    CMatrix GetRow(int, int, int);
    CMatrix GetCol(int);                 // Возвращает столбец по номеру
    CMatrix GetCol(int, int, int);
    CMatrix RedimMatrix(int, int);       // Изменяет размер матрицы с уничтожением
данных
    CMatrix RedimData(int, int);          // Изменяет размер матрицы с сохранением
данных,
                                         //которые можно сохранить
    CMatrix RedimMatrix(int);            // Изменяет размер матрицы с уничтожением
данных
    CMatrix RedimData(int);              // Изменяет размер матрицы с сохранением
данных,
                                         //которые можно сохранить
    double MaxElement();                 // Максимальный элемент матрицы
    double MinElement();                 // Минимальный элемент матрицы
};


#endif
```

CMatrix.cpp:

```
#include "stdafx.h"
//#include "CMatrix.h"

CMatrix::CMatrix()
{
    n_rows = 1;
    n_cols = 1;
    array = new double* [n_rows];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) array[i] = new double[n_cols];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) array[i][j] = 0;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix::CMatrix(int Nrow, int Ncol)
// Nrow - число строк
// Ncol - число столбцов
{
    n_rows = Nrow;
    n_cols = Ncol;
    array = new double* [n_rows];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) array[i] = new double[n_cols];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) array[i][j] = 0;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix::CMatrix(int Nrow)  //Вектор
// Nrow - число строк
{
    n_rows = Nrow;
    n_cols = 1;
    array = new double* [n_rows];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) array[i] = new double[n_cols];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) array[i][j] = 0;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix::~CMatrix()
{
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) delete array[i];
    delete array;
}

//---------------------------------------------------------------------------
double& CMatrix::operator()(int i, int j)
// i - номер строки
// j - номер столбца
{
    if ((i > n_rows - 1) || (j > n_cols - 1))     //  проверка выхода за диапазон
    {
        TCHAR* error = _T("CMatrix::operator(int,int): выход индекса за границу
диапазона ");
        MessageBox(NULL, error, _T("Ошибка"), MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    return array[i][j];
}

//---------------------------------------------------------------------------
```

```
double& CMatrix::operator()(int i)
// i - номер строки для вектора
{
    if (n_cols > 1)      //  Число столбцов больше одного
    {
        char* error = "CMatrix::operator(int): объект не вектор - число столбцов больше
1 ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    if (i > n_rows - 1)      //  проверка выхода за диапазон
    {
        TCHAR* error = TEXT("CMatrix::operator(int): выход индекса за границу диапазона
");
        MessageBox(NULL, error, TEXT("Ошибка"), MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    return array[i][0];
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::operator-()
// Оператор -M
{
    CMatrix Temp(n_rows, n_cols);
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) Temp(i, j) = -array[i][j];
    return Temp;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::operator+(CMatrix& M)
// Оператор M1+M2
{
    int bb = (n_rows == M.rows()) && (n_cols == M.cols());
    if (!bb)
    {
        char* error = "CMatrix::operator(+): несоответствие размерностей матриц ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    CMatrix Temp(*this);
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) Temp(i, j) += M(i, j);
    return Temp;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::operator-(CMatrix& M)
// Оператор M1-M2
{
    int bb = (n_rows == M.rows()) && (n_cols == M.cols());
    if (!bb)
    {
        char* error = "CMatrix::operator(-): несоответствие размерностей матриц ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    CMatrix Temp(*this);
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) Temp(i, j) -= M(i, j);
```

```
    return Temp;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::operator*(CMatrix& M)
// Умножение на матрицу M
{
    double sum;
    int nn = M.rows();
    int mm = M.cols();
    CMatrix Temp(n_rows, mm);
    if (n_cols == nn)
    {
        for (int i = 0; i < n_rows; i++)
            for (int j = 0; j < mm; j++)
            {
                sum = 0;
                for (int k = 0; k < n_cols; k++) sum += (*this)(i, k) * M(k, j);
                Temp(i, j) = sum;
            }
    }
    else
    {
        TCHAR* error = TEXT("CMatrix::operator*: несоответствие размерностей матриц ");
        MessageBox(NULL, error, TEXT("Ошибка"), MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    return Temp;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::operator=(const CMatrix& M)
// Оператор присваивания M1=M
{
    if (this == &M) return *this;
    int nn = M.rows();
    int mm = M.cols();
    if ((n_rows == nn) && (n_cols == mm))
    {
        for (int i = 0; i < n_rows; i++)
            for (int j = 0; j < n_cols; j++) array[i][j] = M.array[i][j];
    }
    else   // для ошибки размерностей
    {
        TCHAR* error = TEXT("CMatrix::operator=: несоответствие размерностей матриц");
        MessageBox(NULL, error, TEXT("Ошибка"), MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    return *this;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix::CMatrix(const CMatrix& M) // Конструктор копирования
{
    n_rows = M.n_rows;
    n_cols = M.n_cols;
    array = new double* [n_rows];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) array[i] = new double[n_cols];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) array[i][j] = M.array[i][j];
}
```

```
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::operator+(double x)
// Оператор M+x, где M - матрица, x - число
{
    CMatrix Temp(*this);
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) Temp(i, j) += x;
    return Temp;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::operator*(double x)
// Оператор M*x, где M - матрица, x - число
{
    CMatrix Temp(*this);
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) Temp(i, j) *= x;
    return Temp;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::operator-(double x)
// Оператор M+x, где M - матрица, x - число
{
    CMatrix Temp(*this);
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) Temp(i, j) -= x;
    return Temp;
}



//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::Transp()
// Возвращает матрицу,транспонированную к (*this)
{
    CMatrix Temp(n_cols, n_rows);
    for (int i = 0; i < n_cols; i++)
        for (int j = 0; j < n_rows; j++) Temp(i, j) = array[j][i];
    return Temp;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::GetRow(int k)
// Возвращает строку матрицы по номеру k
{
    if (k > n_rows - 1)
    {
        char* error = "CMatrix::GetRow(int k): параметр k превышает число строк ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    CMatrix M(1, n_cols);
    for (int i = 0; i < n_cols; i++)M(0, i) = (*this)(k, i);
    return M;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::GetRow(int k, int n, int m)
// Возвращает подстроку из строки матрицы с номером k
// n - номер первого элемента в строке
```

```
// m - номер последнего элемента в строке
{
    int b1 = (k >= 0) && (k < n_rows);
    int b2 = (n >= 0) && (n <= m);
    int b3 = (m >= 0) && (m < n_cols);
    int b4 = b1 && b2 && b3;
    if (!b4)
    {
        char* error = "CMatrix::GetRow(int k,int n, int m):ошибка в параметрах ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    int nCols = m - n + 1;
    CMatrix M(1, nCols);
    for (int i = n; i <= m; i++)M(0, i - n) = (*this)(k, i);
    return M;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::GetCol(int k)
// Возвращает столбец матрицы по номеру k
{
    if (k > n_cols - 1)
    {
        char* error = "CMatrix::GetCol(int k): параметр k превышает число столбцов ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    CMatrix M(n_rows, 1);
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)M(i, 0) = (*this)(i, k);
    return M;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::GetCol(int k, int n, int m)
// Возвращает подстолбец из столбца матрицы с номером k
// n - номер первого элемента в столбце
// m - номер последнего элемента в столбце
{
    int b1 = (k >= 0) && (k < n_cols);
    int b2 = (n >= 0) && (n <= m);
    int b3 = (m >= 0) && (m < n_rows);
    int b4 = b1 && b2 && b3;
    if (!b4)
    {
        char* error = "CMatrix::GetCol(int k,int n, int m):ошибка в параметрах ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    int nRows = m - n + 1;
    CMatrix M(nRows, 1);
    for (int i = n; i <= m; i++)M(i - n, 0) = (*this)(i, k);
    return M;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::RedimMatrix(int NewRow, int NewCol)
// Изменяет размер матрицы с уничтожением данных
// NewRow - новое число строк
// NewCol - новое число столбцов
{
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) delete array[i];
```

```
    delete array;
    n_rows = NewRow;
    n_cols = NewCol;
    array = new double* [n_rows];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) array[i] = new double[n_cols];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) array[i][j] = 0;
    return (*this);
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::RedimData(int NewRow, int NewCol)
// Изменяет размер матрицы с сохранением данных, которые можно сохранить
// NewRow - новое число строк
// NewCol - новое число столбцов
{
    CMatrix Temp = (*this);
    this->RedimMatrix(NewRow, NewCol);
    int min_rows = Temp.rows() < (*this).rows() ? Temp.rows() : (*this).rows();
    int min_cols = Temp.cols() < (*this).cols() ? Temp.cols() : (*this).cols();
    for (int i = 0; i < min_rows; i++)
        for (int j = 0; j < min_cols; j++) (*this)(i, j) = Temp(i, j);
    return (*this);
}


//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::RedimMatrix(int NewRow)
// Изменяет размер матрицы с уничтожением данных
// NewRow - новое число строк
// NewCol=1
{
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) delete array[i];
    delete array;
    n_rows = NewRow;
    n_cols = 1;
    array = new double* [n_rows];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++) array[i] = new double[n_cols];
    for (int i = 0; i < n_rows; i++)
        for (int j = 0; j < n_cols; j++) array[i][j] = 0;
    return (*this);
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CMatrix::RedimData(int NewRow)
// Изменяет размер матрицы с сохранением данных, которые можно сохранить
// NewRow - новое число строк
// NewCol=1
{
    CMatrix Temp = (*this);
    this->RedimMatrix(NewRow);
    int min_rows = Temp.rows() < (*this).rows() ? Temp.rows() : (*this).rows();
    for (int i = 0; i < min_rows; i++)(*this)(i) = Temp(i);
    return (*this);
}
//---------------------------------------------------------------------------
double CMatrix::MaxElement()
// Максимальное значение элементов матрицы
{
    double max = (*this)(0, 0);
```

```
    for (int i = 0; i < (this->rows()); i++)
        for (int j = 0; j < (this->cols()); j++)
            if ((*this)(i, j) > max) max = (*this)(i, j);
    return max;
}

//---------------------------------------------------------------------------
double CMatrix::MinElement()
// Минимальное значение элементов матрицы
{
    double min = (*this)(0, 0);
    for (int i = 0; i < (this->rows()); i++)
        for (int j = 0; j < (this->cols()); j++)
            if ((*this)(i, j) < min) min = (*this)(i, j);
    return min;
}
```

Создадим графическую библиотеку LibGraph:

LibGraph.h:

```
#ifndef LIBGRAPH
#define LIBGRAPH 1
const double pi = 3.14159;
typedef double(*pfunc2)(double, double);    // Указатель на функцию

struct CSizeD
{
    double cx;
    double cy;
};
//---------------------------------------------------------------------------
struct CRectD
{
    double left;
    double top;
    double right;
    double bottom;
    CRectD() { left = top = right = bottom = 0; };
    CRectD(double l, double t, double r, double b);
    void SetRectD(double l, double t, double r, double b);
    CSizeD SizeD();
};

//---------------------------------------------------------------------------

CMatrix SpaceToWindow(CRectD& rs, CRect& rw);
// Возвращает матрицу пересчета координат из мировых в оконные
// rs - область в мировых координатах - double
// rw - область в оконных координатах - int
//---------------------------------------------------------------------------
void SetMyMode(CDC& dc, CRect& RS, CRect& RW);  //MFC
// Устанавливает режим отображения MM_ANISOTROPIC и его параметры
// dc - ссылка на класс CDC MFC
// RS -  область в мировых координатах - int
// RW -  Область в оконных координатах - int
```

```
//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateTranslate2D(double dx, double dy);
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его смещении
// на dx по оси X и на dy по оси Y в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при смещении начала
// системы координат на -dx оси X и на -dy по оси Y при фиксированном положении объекта
//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateTranslate3D(double dx, double dy, double dz);
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его смещении
// на dx по оси X, на dy по оси Y,на dz по оси Z в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при смещении начала
// системы координат на -dx оси X,на -dy по оси Y, на -dz по оси Z
// при фиксированном положении объекта
//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateRotate2D(double fi);
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его повороте
// на угол fi (при fi>0 против часовой стрелки)в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при повороте начала
// системы координат на угол -fi при фиксированном положении объекта
// fi - угол в градусах

//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateRotate3DZ(double fi);
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его повороте вокруг оси Z
// на угол fi (при fi>0 против часовой стрелки)в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при повороте начала
// системы координат вокруг оси Z на угол -fi при фиксированном положении объекта
// fi - угол в градусах

//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateRotate3DX(double fi);
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его повороте вокруг оси X
// на угол fi (при fi>0 против часовой стрелки)в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при повороте начала
// системы координат вокруг оси X на угол -fi при фиксированном положении объекта
// fi - угол в градусах

//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateRotate3DY(double fi);
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его повороте вокруг оси Y
// на угол fi (при fi>0 против часовой стрелки)в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при повороте начала
// системы координат вокруг оси Y на угол -fi при фиксированном положении объекта
// fi - угол в градусах

//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateViewCoord(double r, double fi, double q);
// Создает матрицу пересчета точки из мировой системы координат в видовую
// (r,fi,q)- координата ТОЧКИ НАБЛЮДЕНИЯ(начало видовой системы координат)
// в мировой сферической системе координат( углы fi и q в градусах)
//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix VectorMult(CMatrix& V1, CMatrix& V2);
// Вычисляет векторное произведение векторов V1 и V2
//-----------------------------------------------------------------------------
```

```
double ScalarMult(CMatrix& V1, CMatrix& V2);
// Вычисляет скалярное произведение векторов V1 и V2
//---------------------------------------------------------------------------
double ModVec(CMatrix& V);
// Вычисляет модуль вектора V
//---------------------------------------------------------------------------
double CosV1V2(CMatrix& V1, CMatrix& V2);
// Вычисляет КОСИНУС угла между векторами V1 и V2
//---------------------------------------------------------------------------
double AngleV1V2(CMatrix& V1, CMatrix& V2);
// Вычисляет угол между векторами V1 и V2 в градусах
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix SphereToCart(CMatrix& PView);
// Преобразует сферические координаты PView  точки в декартовы
// PView(0) - r
// PView(1) - fi - азимут(отсчет от оси X), град.
// PView(2) - q - угол(отсчетот оси Z), град.
// Результат: R(0)- x, R(1)- y, R(2)- z
//---------------------------------------------------------------------------
void GetProjection(CRectD& RS, CMatrix& Data, CMatrix& PView, CRectD& PR);
// Вычисляет координаты проекции охватывающего фигуру паралелепипеда на
// плоскость XY в ВИДОВОЙ системе координат
// Data - матрица данных
// RS - область на плоскости XY, на которую опирается отображаемая поверхность
// PView - координаты точки наблюдения в мировой сферической системе координат
// PR - проекция
//---------------------------------------------------------------------------

#endif
```

LibGraph.cpp:

```
#include "stdafx.h"

CRectD::CRectD(double l, double t, double r, double b)
{
    left = l;
    top = t;
    right = r;
    bottom = b;
}
//---------------------------------------------------------------------------
void CRectD::SetRectD(double l, double t, double r, double b)
{
    left = l;
    top = t;
    right = r;
    bottom = b;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CSizeD CRectD::SizeD()
{
    CSizeD cz;
    cz.cx = fabs(right - left); // Ширина прямоугольной области
    cz.cy = fabs(top - bottom); // Высота прямоугольной области
```

```
    return cz;
}

//-----------------------------------------------------------------------------
CMatrix SpaceToWindow(CRectD& RS, CRect& RW)
// Возвращает матрицу пересчета координат из мировых в оконные
// RS - область в мировых координатах - double
// RW - область в оконных координатах - int
{
    CMatrix M(3, 3);
    CSize sz = RW.Size();     // Размер области в ОКНЕ
    int dwx = sz.cx;          // Ширина
    int dwy = sz.cy;          // Высота
    CSizeD szd = RS.SizeD(); // Размер области в МИРОВЫХ координатах

    double dsx = szd.cx;     // Ширина в мировых координатах
    double dsy = szd.cy;     // Высота в мировых координатах
    double kx = (double)dwx / dsx;   // Масштаб по x
    double ky = (double)dwy / dsy;   // Масштаб по y


    M(0, 0) = kx;  M(0, 1) = 0;    M(0, 2) = (double)RW.left - kx * RS.left;
    M(1, 0) = 0;   M(1, 1) = -ky;  M(1, 2) = (double)RW.bottom + ky * RS.bottom;
    M(2, 0) = 0;   M(2, 1) = 0;    M(2, 2) = 1;
    return M;
}



//-----------------------------------------------------------------------------

void SetMyMode(CDC& dc, CRect& RS, CRect& RW)  //MFC
// Устанавливает режим отображения MM_ANISOTROPIC и его параметры
// dc - ссылка на класс CDC MFC
// RS -  область в мировых координатах - int
// RW -  Область в оконных координатах - int
{
    int dsx = RS.right - RS.left;
    int dsy = RS.top - RS.bottom;
    int xsL = RS.left;
    int ysL = RS.bottom;

    int dwx = RW.right - RW.left;
    int dwy = RW.bottom - RW.top;
    int xwL = RW.left;
    int ywH = RW.bottom;

    dc.SetMapMode(MM_ANISOTROPIC);
    dc.SetWindowExt(dsx, dsy);
    dc.SetViewportExt(dwx, -dwy);
    dc.SetWindowOrg(xsL, ysL);
    dc.SetViewportOrg(xwL, ywH);
}
//-----------------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateTranslate2D(double dx, double dy)
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его смещении
// на dx по оси X и на dy по оси Y в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при смещении начала
// системы координат на -dx оси X и на -dy по оси Y при фиксированном положении объекта
```

```
{
    CMatrix TM(3, 3);
    TM(0, 0) = 1; TM(0, 2) = dx;
    TM(1, 1) = 1;  TM(1, 2) = dy;
    TM(2, 2) = 1;
    return TM;
}

//---------------------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateTranslate3D(double dx, double dy, double dz)
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его смещении
// на dx по оси X, на dy по оси Y,на dz по оси Z в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при смещении начала
// системы координат на -dx оси X,на -dy по оси Y, на -dz по оси Z
// при фиксированном положении объекта
{
    CMatrix TM(4, 4);
    for (int i = 0; i < 4; i++) TM(i, i) = 1;
    TM(0, 3) = dx;
    TM(1, 3) = dy;
    TM(2, 3) = dz;
    return TM;
}



//---------------------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateRotate2D(double fi)
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его повороте
// на угол fi (при fi>0 против часовой стрелки)в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при повороте начала
// системы координат на угол -fi при фиксированном положении объекта
// fi - угол в градусах
{
    double fg = fmod(fi, 360.0);
    double ff = (fg / 180.0) * pi; // Перевод в радианы
    CMatrix RM(3, 3);
    RM(0, 0) = cos(ff); RM(0, 1) = -sin(ff);
    RM(1, 0) = sin(ff);  RM(1, 1) = cos(ff);
    RM(2, 2) = 1;
    return RM;
}
//---------------------------------------------------------------------------------------

CMatrix CreateRotate3DZ(double fi)
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его повороте вокруг оси Z
// на угол fi (при fi>0 против часовой стрелки)в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при повороте начала
// системы координат вокруг оси Z на угол -fi при фиксированном положении объекта
// fi - угол в градусах
{
    double fg = fmod(fi, 360.0);
    double ff = (fg / 180.0) * pi; // Перевод в радианы
    CMatrix RM(4, 4);
    RM(0, 0) = cos(ff); RM(0, 1) = -sin(ff);
    RM(1, 0) = sin(ff);  RM(1, 1) = cos(ff);
    RM(2, 2) = 1;
```

```
    RM(3, 3) = 1;
    return RM;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateRotate3DX(double fi)
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его повороте вокруг оси X
// на угол fi (при fi>0 против часовой стрелки)в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при повороте начала
// системы координат вокруг оси X на угол -fi при фиксированном положении объекта
// fi - угол в градусах
{
    double fg = fmod(fi, 360.0);
    double ff = (fg / 180.0) * pi; // Перевод в радианы
    CMatrix RM(4, 4);
    RM(0, 0) = 1;
    RM(1, 1) = cos(ff); RM(1, 2) = -sin(ff);
    RM(2, 1) = sin(ff); RM(2, 2) = cos(ff);
    RM(3, 3) = 1;
    return RM;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateRotate3DY(double fi)
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при его повороте вокруг оси Y
// на угол fi (при fi>0 против часовой стрелки)в фиксированной системе координат
// --- ИЛИ ---
// Формирует матрицу для преобразования координат объекта при повороте начала
// системы координат вокруг оси Y на угол -fi при фиксированном положении объекта
// fi - угол в градусах
{
    double fg = fmod(fi, 360.0);
    double ff = (fg / 180.0) * pi; // Перевод в радианы
    CMatrix RM(4, 4);
    RM(0, 0) = cos(ff); RM(0, 2) = sin(ff);
    RM(1, 1) = 1;
    RM(2, 0) = -sin(ff); RM(2, 2) = cos(ff);
    RM(3, 3) = 1;
    return RM;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix VectorMult(CMatrix& V1, CMatrix& V2)
// Вычисляет векторное произведение векторов V1 и V2
{

    int b1 = (V1.cols() == 1) && (V1.rows() == 3);
    int b2 = (V2.cols() == 1) && (V2.rows() == 3);
    int b = b1 && b2;
    if (!b)
    {
        //char* error="VectorMult: неправильные размерности векторов! ";
        const TCHAR error[] = _T("VectorMult: неправильные размерности векторов! ");
        MessageBox(NULL, error, _T("Ошибка"), MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    CMatrix W(3);
    W(0) = V1(1) * V2(2) - V1(2) * V2(1);
    //double x=W(0);
    W(1) = -(V1(0) * V2(2) - V1(2) * V2(0));
    //double y=W(1);
```

```
    W(2) = V1(0) * V2(1) - V1(1) * V2(0);
    //double z=W(2);
    return W;
}

//---------------------------------------------------------------------------
double ScalarMult(CMatrix& V1, CMatrix& V2)
// Вычисляет скалярное произведение векторов V1 и V2
{
    int b1 = (V1.cols() == 1) && (V1.rows() == 3);
    int b2 = (V2.cols() == 1) && (V2.rows() == 3);
    int b = b1 && b2;
    if (!b)
    {
        char* error = "ScalarMult: неправильные размерности векторов! ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    double p = V1(0) * V2(0) + V1(1) * V2(1) + V1(2) * V2(2);
    return p;
}
//---------------------------------------------------------------------------
double ModVec(CMatrix& V)
// Вычисляет модуль вектора V
{
    int b = (V.cols() == 1) && (V.rows() == 3);
    if (!b)
    {
        char* error = "ModVec: неправильнfz размерность вектора! ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    double q = sqrt(V(0) * V(0) + V(1) * V(1) + V(2) * V(2));
    return q;
}
//---------------------------------------------------------------------------
double CosV1V2(CMatrix& V1, CMatrix& V2)
// Вычисляет КОСИНУС угла между векторами V1 и V2
{
    double modV1 = ModVec(V1);
    double modV2 = ModVec(V2);
    int b = (modV1 < 1e-7) || (modV2 < 1e-7);
    if (b)
    {
        char* error = "CosV1V2: модуль одного или обоих векторов < 1e-7!";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    int b1 = (V1.cols() == 1) && (V1.rows() == 3);
    int b2 = (V2.cols() == 1) && (V2.rows() == 3);
    b = b1 && b2;
    if (!b)
    {
        char* error = "CosV1V2: неправильные размерности векторов! ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    double cos_f = ScalarMult(V1, V2) / (modV1 * modV2);
    return cos_f;
}
```

```
//---------------------------------------------------------------------------
double AngleV1V2(CMatrix& V1, CMatrix& V2)
// Вычисляет угол между векторами V1 и V2 в градусах
{
    double modV1 = ModVec(V1);
    double modV2 = ModVec(V2);
    int b = (modV1 < 1e-7) || (modV2 < 1e-7);
    if (!b)
    {
        char* error = "AngleV1V2: модуль одного или обоих векторов < 1e-7!";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    int b1 = (V1.cols() == 1) && (V1.rows() == 3);
    int b2 = (V2.cols() == 1) && (V2.rows() == 3);
    b = b1 && b2;
    if (!b)
    {
        char* error = "AngleV1V2: неправильные размерности векторов! ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    double cos_f = ScalarMult(V1, V2) / (modV1 * modV2);
    if (fabs(cos_f) > 1)
    {
        char* error = "AngleV1V2: модуль cos(f)>1! ";
        //MessageBox(NULL, error, "Ошибка", MB_ICONSTOP);
        exit(1);
    }
    double f;
    if (cos_f > 0)f = acos(cos_f);
    else f = pi - acos(cos_f);
    double fg = (f / pi) * 180;
    return fg;
}
//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix CreateViewCoord(double r, double fi, double q)
// Создает матрицу пересчета (4x4) точки из мировой системы координат в видовую
// (r,fi,q)- координата ТОЧКИ НАБЛЮДЕНИЯ(начало видовой системы координат)
// в мировой сферической системе координат( углы fi и q в градусах)
{
    double fg = fmod(fi, 360.0);
    double ff = (fg / 180.0) * pi; // Перевод в радианы
    fg = fmod(q, 360.0);
    double qq = (fg / 180.0) * pi; // Перевод в радианы

    CMatrix VM(4, 4);
    VM(0, 0) = -sin(ff);   VM(0, 1) = cos(ff);
    VM(1, 0) = -cos(qq) * cos(ff);  VM(1, 1) = -cos(qq) * sin(ff);  VM(1, 2) = sin(qq);
    VM(2, 0) = -sin(qq) * cos(ff);  VM(2, 1) = -sin(qq) * sin(ff);  VM(2, 2) = -cos(qq);
VM(2, 3) = r;
    VM(3, 3) = 1;
    return VM;
}

//---------------------------------------------------------------------------
CMatrix SphereToCart(CMatrix& PView)
// Преобразует сферические координаты PView  точки в декартовы
```

```
// PView(0) - r
// PView(1) - fi - азимут(отсчет от оси X), град.
// PView(2) - q - угол(отсчетот оси Z), град.
// Результат: R(0)- x, R(1)- y, R(2)- z
{
    CMatrix R(3);
    double r = PView(0);
    double fi = PView(1);                          // Градусы
    double q = PView(2);                           // Градусы
    double fi_rad = (fi / 180.0) * pi;  // Перевод fi в радианы
    double q_rad = (q / 180.0) * pi;         // Перевод q в радианы
    R(0) = r * sin(q_rad) * cos(fi_rad);     // x- координата точки наблюдения
    R(1) = r * sin(q_rad) * sin(fi_rad);     // y- координата точки наблюдения
    R(2) = r * cos(q_rad);                              // z- координата точки наблюдения
    return R;
}

//-------------------------- GetProjection -----------------------------------------

void GetProjection(CRectD& RS, CMatrix& Data, CMatrix& PView, CRectD& PR)
// Вычисляет координаты проекции охватывающего фигуру паралелепипеда на
// плоскость XY в ВИДОВОЙ системе координат
// Data - матрица данных
// RS - область на плоскости XY, на которую опирается отображаемая поверхность
// PView - координаты точки наблюдения в мировой сферической системе координат
// PR - проекция
{
    double Zmax = Data.MaxElement();
    double Zmin = Data.MinElement();
    CMatrix PS(4, 4);   // Точки в мировом пространстве
    PS(3, 0) = 1; PS(3, 1) = 1; PS(3, 2) = 1;   PS(3, 3) = 1;
    CMatrix MV = CreateViewCoord(PView(0), PView(1), PView(2)); //Матрица(4x4) пересчета

//в видовую систему координат
    PS(0, 0) = RS.left;
    PS(1, 0) = RS.top;
    PS(2, 0) = Zmax;

    PS(0, 1) = RS.left;
    PS(1, 1) = RS.bottom;
    PS(2, 1) = Zmax;

    PS(0, 2) = RS.right;
    PS(1, 2) = RS.top;
    PS(2, 2) = Zmax;

    PS(0, 3) = RS.right;
    PS(1, 3) = RS.bottom;
    PS(2, 3) = Zmax;

    CMatrix Q = MV * PS;      // Координаты верхней плоскости паралелепипеда в видовой
СК
    CMatrix V = Q.GetRow(0);        // Строка X - координат
    double Xmin = V.MinElement();
    double Xmax = V.MaxElement();
    V = Q.GetRow(1);           // Строка Y - координат
    double Ymax = V.MaxElement();

    PS(2, 0) = Zmin;
    PS(2, 1) = Zmin;
```

```
    PS(2, 2) = Zmin;
    PS(2, 3) = Zmin;

    Q = MV * PS;                    // Координаты нижней плоскости паралелепипеда в видовой
СК
    V = Q.GetRow(1);              // Строка Y - координат
    double Ymin = V.MinElement();
    PR.SetRectD(Xmin, Ymax, Xmax, Ymin);
}
```

Напишем функцию по нашему заданию:

LibLabs3D.h:

```
// Рисует сферу с учетом освещенности
// Radius - Радиус сферы
// PView - координаты точки наблюдения в мировой сферической системе координат
// (r,fi(град.), q(град.))
// PSourceLight - координаты источника света в мировой сферической системе координат
// (r,fi(град.), q(град.))
// RW - область в окне для отображение шара
// Color - цвет источника света
// Ks - коэффициент, формирующий модель освещения Ks=(0...1)-
// Index=0 -  Диффузионная модель отражения света :cos(e)
// Index=1 -  Зеркальная модель отражения света :[cos(a)]^2
// e - угол падения луча света - относительно нормали к точке падения
// a - угол между отраженным лучом и вектором наблюдения
void DrawLightSphere(CDC& dc, double Radius, CMatrix& PView, CMatrix& PSourceLight, CRect
RW, COLORREF Color, int Index);
```

LibLabs3D.cpp:

```
#include "stdafx.h"
#include "CMatrix.h"
#include "LibGraph.h"
#include "math.h"
#include "LibLabs3D.h"

void DrawLightSphere(CDC& dc, double Radius, CMatrix& PView, CMatrix& PSourceLight, CRect
RW, COLORREF Color, int Index)
// Рисует сферу с учетом освещенности
// Radius - Радиус сферы
// PView - координаты точки наблюдения в мировой сферической системе координат
// PSourceLight - координаты источника света в мировой сферической системе координат
// RW - область в окне для отображение шара
// Color - цвет источника света
// Index=0 -  Диффузионная модель отражения света :cos(e)
// Index=1 -  Зеркальная модель отражения света :[cos(a)]^n
{
    BYTE red = GetRValue(Color);
    BYTE green = GetGValue(Color);
    BYTE blue = GetBValue(Color);
```

```
    CMatrix VSphere(3), VSphereNorm(3), PV(4);
    COLORREF Col;
    double df = 0.9; double dq = 0.6; double kLight;            // Шаг по азимуту
    VSphere(0) = Radius;                                        // Радиус сферы
    CMatrix VR = SphereToCart(PView);                           // Декартовы координаты
точки наблюдения
    CMatrix VS = SphereToCart(PSourceLight);                    // Декартовы координаты
источника света
    CRectD  RV(-Radius, Radius, Radius, -Radius);               // Область в ВСК в
плоскости XY для изображения проекции шара
    CMatrix MW = SpaceToWindow(RV, RW);                         // Матрица пересчета в
ОСК
    CMatrix MV = CreateViewCoord(PView(0), PView(1), PView(2)); // Матрица пересчета в
ВСК

//------ Проходим по точкам сферы  --------------------------------------
    for (double fi = 0; fi <= 360.0; fi += df)  // Азимут
        for (double q = 0; q <= 180.0; q += dq)
        {
            VSphere(1) = fi; VSphere(2) = q;        // Долгота
(Азимут),VSphere(0)==Radius и широта
            CMatrix VCart = SphereToCart(VSphere);  // Декартовы координаты точки сферы
            VSphereNorm = VCart;                    // Вектор НОРМАЛИ к поверхности
СФЕРЫ!
            double cos_RN = CosV1V2(VR, VSphereNorm);// Косинус угла между вектором точки
наблюдения R и вектором нормали N к точке сферы
            PV(0) = VCart(0);
            PV(1) = VCart(1);
            PV(2) = VCart(2);
            PV(3) = 1;
            PV = MV * PV;                           // Координаты точки в ВСК
            VCart(0) = PV(0);
            VCart(1) = PV(1);
            VCart(2) = 1;
            VCart = MW * VCart;                     // Координаты точки в ОСК
            CMatrix  VP = VS - VR;                  // Направление на источник света
относительно нормали к точке падения
            double cos_PN = CosV1V2(VP, VSphereNorm); // угол падения луча
            if (cos_PN > 0)                         // Если точка сферы освещается...
            {
                if (Index == 0)                     //Диффузионная модель отражения света
                    kLight = cos_PN * cos_RN;
                if (Index == 1)                     //Зеркальная модель отражения света
                {
                    double xx = 2 * ModVec(VP) * cos_PN / ModVec(VSphereNorm); //
интенсивность излучения
                    CMatrix RX = (VSphereNorm * xx) - VP; // вектор отражения
                    double cos_A = CosV1V2(RX, VR);     // угол между вектором отражения
и вектором наблюдения
                    if (cos_A > 0)
                        kLight = cos_A * cos_A;
                    else
                        kLight = 0;
                }
                Col = RGB(kLight * red, kLight * green, kLight * blue);
                dc.SetPixel((int)VCart(0), (int)VCart(1), Col);
            }
        }
}
```

Добавим MainFrm, это компонент класса CMainFrame
MainFrm.h:

```
// MainFrm.h: интерфейс класса CMainFrame
//

#pragma once
#include "ChildView.h"

class CMainFrame : public CFrameWnd
{

public:
    CMainFrame() noexcept;
protected:
    DECLARE_DYNAMIC(CMainFrame)

    // Атрибуты
public:

    // Операции
public:

    // Переопределение
public:
    virtual BOOL PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs);
    virtual BOOL OnCmdMsg(UINT nID, int nCode, void* pExtra, AFX_CMDHANDLERINFO*
pHandlerInfo);

    // Реализация
public:
    virtual ~CMainFrame();
#ifdef _DEBUG
    virtual void AssertValid() const;
    virtual void Dump(CDumpContext& dc) const;
#endif

protected:  // встроенные члены панели элементов управления
    CStatusBar        m_wndStatusBar;
    CChildView    m_wndView;

    // Созданные функции схемы сообщений
protected:
    afx_msg int OnCreate(LPCREATESTRUCT lpCreateStruct);
    afx_msg void OnSetFocus(CWnd* pOldWnd);
    DECLARE_MESSAGE_MAP()

};
```

MainFrm.cpp:

```
// MainFrm.cpp: реализация класса CMainFrame
//

#include "stdafx.h"
#include "MyLab8.h"

#include "MainFrm.h"

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#endif

// CMainFrame

IMPLEMENT_DYNAMIC(CMainFrame, CFrameWnd)

BEGIN_MESSAGE_MAP(CMainFrame, CFrameWnd)
    ON_WM_CREATE()
    ON_WM_SETFOCUS()
END_MESSAGE_MAP()

static UINT indicators[] =
{
    ID_SEPARATOR,           // индикатор строки состояния
    ID_INDICATOR_CAPS,
    ID_INDICATOR_NUM,
    ID_INDICATOR_SCRL,
};

// Создание или уничтожение CMainFrame

CMainFrame::CMainFrame() noexcept
{
    // TODO: добавьте код инициализации члена
}

CMainFrame::~CMainFrame()
{
}

int CMainFrame::OnCreate(LPCREATESTRUCT lpCreateStruct)
{
    //--------------------------------------------------------------------
    int width = 450, height = 500;
    MoveWindow((GetSystemMetrics(SM_CXSCREEN) / 2 - width / 2),
        (GetSystemMetrics(SM_CYSCREEN) / 2 - height / 2), width, height);
    //--------------------------------------------------------------------


    if (CFrameWnd::OnCreate(lpCreateStruct) == -1)
        return -1;

    // создать представление для размещения рабочей области рамки
    if (!m_wndView.Create(nullptr, nullptr, AFX_WS_DEFAULT_VIEW, CRect(0, 0, 0, 0), this,
AFX_IDW_PANE_FIRST, nullptr))
```

```
    {
        TRACE0("Не удалось создать окно представлений\n");
        return -1;
    }

    if (!m_wndStatusBar.Create(this))
    {
        TRACE0("Не удалось создать строку состояния\n");
        return -1;      // не удалось создать
    }
    m_wndStatusBar.SetIndicators(indicators, sizeof(indicators) / sizeof(UINT));

    return 0;
}

BOOL CMainFrame::PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs)
{
    if (!CFrameWnd::PreCreateWindow(cs))
        return FALSE;
    // TODO: изменить класс Window или стили посредством изменения
    //  CREATESTRUCT cs

    cs.style = WS_OVERLAPPED | WS_CAPTION | FWS_ADDTOTITLE
        | WS_THICKFRAME | WS_MINIMIZEBOX | WS_MAXIMIZEBOX;

    cs.dwExStyle &= ~WS_EX_CLIENTEDGE;
    cs.lpszClass = AfxRegisterWndClass(0);
    return TRUE;
}

// Диагностика CMainFrame

#ifdef _DEBUG
void CMainFrame::AssertValid() const
{
    CFrameWnd::AssertValid();
}

void CMainFrame::Dump(CDumpContext& dc) const
{
    CFrameWnd::Dump(dc);
}
#endif //_DEBUG


// Обработчики сообщений CMainFrame

void CMainFrame::OnSetFocus(CWnd* /*pOldWnd*/)
{
    // передача фокуса окну представления
    m_wndView.SetFocus();
}

BOOL CMainFrame::OnCmdMsg(UINT nID, int nCode, void* pExtra, AFX_CMDHANDLERINFO*
pHandlerInfo)
{
    // разрешить ошибки в представлении при выполнении команды
    if (m_wndView.OnCmdMsg(nID, nCode, pExtra, pHandlerInfo))
        return TRUE;
```

```
    // в противном случае выполняется обработка по умолчанию
    return CFrameWnd::OnCmdMsg(nID, nCode, pExtra, pHandlerInfo);
}
```

ChildView.h:

```
// ChildView.h: интерфейс класса CChildView
//


#pragma once


// Окно CChildView

class CChildView : public CWnd
{
    // Создание
public:
    CChildView();

    // Атрибуты
public:
    CRect WinRect;
    CMatrix PView;
    CMatrix PLight;
    int Index;

    // Операции
public:

    // Переопределение
protected:
    virtual BOOL PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs);

    // Реализация
public:
    virtual ~CChildView();

    // Созданные функции схемы сообщений
protected:
    afx_msg void OnPaint();
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
public:
    // действия при выборе пункта меню
    afx_msg void OnSphere_Mirror();
    afx_msg void OnSphere_Diffuse();
    afx_msg void OnSize(UINT nType, int cx, int cy);
};
```

ChildView.cpp:

```
// ChildView.cpp: реализация класса CChildView
//

#include "stdafx.h"
#include "MyLab8.h"
#include "ChildView.h"
#include "LibLabs3D.h"

#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#endif


// CChildView
//COLORREF Color = RGB(255, 0, 0);

CChildView::CChildView()
{
    Index = 3;
    PView.RedimMatrix(3);
    PLight.RedimMatrix(3);
}

CChildView::~CChildView()
{
}

// Реализация карты сообщений
BEGIN_MESSAGE_MAP(CChildView, CWnd)
    ON_WM_PAINT()
    // сообщения меню выбора

    ON_COMMAND(ID_Sphere_Mirror, &CChildView::OnSphere_Mirror)
    ON_COMMAND(ID_Sphere_Diffuse, &CChildView::OnSphere_Diffuse)
    ON_WM_SIZE()
END_MESSAGE_MAP()



// Обработчики сообщений CChildView

BOOL CChildView::PreCreateWindow(CREATESTRUCT& cs)
{
    if (!CWnd::PreCreateWindow(cs))
        return FALSE;

    cs.dwExStyle |= WS_EX_CLIENTEDGE;
    cs.style &= ~WS_BORDER;
    cs.lpszClass = AfxRegisterWndClass(CS_HREDRAW | CS_VREDRAW | CS_DBLCLKS,
        ::LoadCursor(nullptr, IDC_ARROW), reinterpret_cast<HBRUSH>(COLOR_WINDOW + 1),
nullptr);

    return TRUE;
}
```

```
void CChildView::OnPaint()
{
    CPaintDC dc(this); // контекст устройства для рисования

    if (Index == 0)
        DrawLightSphere(dc, 1, PView, PLight, WinRect, RGB(255, 0, 0), Index);
    if (Index == 1)
        DrawLightSphere(dc, 1, PView, PLight, WinRect, RGB(255, 0, 0), Index);

}

void CChildView::OnSphere_Mirror()
{
    Index = 1;
    Invalidate();
    PView(0) = 100; PView(1) = 0;  PView(2) = 60;
}

void CChildView::OnSphere_Diffuse()
{
    Index = 0;
    Invalidate();
    PView(0) = 100; PView(1) = 0;  PView(2) = 60;
}

void CChildView::OnSize(UINT nType, int cx, int cy)
{
    CWnd::OnSize(nType, cx, cy);                // для динамического изменения окна
    WinRect.SetRect(50, 50, cx - 50, cy - 50);  // параметры окна рисования
}
```

И реализуем файл запуска. Название файла должно соответствовать названию проекта.

MyLab8.h:

```
// Lab08.h: основной файл заголовка для приложения Lab08
//
#pragma once

#ifndef __AFXWIN_H__
#error "включить stdafx.h до включения этого файла в PCH"
#endif

#include "resource.h"       // основные символы


// CLab01App:
// Сведения о реализации этого класса: Lab01.cpp
//

class CLab01App : public CWinApp
{
public:
```

```
    CLab01App() noexcept;

    // Переопределение
public:
    virtual BOOL InitInstance();
    virtual int ExitInstance();

    // Реализация

public:
    afx_msg void OnAppAbout();
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
};

extern CLab01App theApp;
```

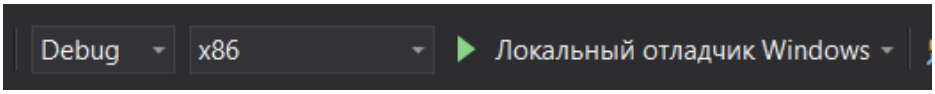
MyLab8.cpp:

```
// Lab02.cpp: определяет поведение классов для приложения.
//

#include "stdafx.h"
#include "afxwinappex.h"
#include "afxdialogex.h"
#include "MyLab8.h"
#include "MainFrm.h"
#include "windows.h"


#ifdef _DEBUG
#define new DEBUG_NEW
#endif


// CLab01App

BEGIN_MESSAGE_MAP(CLab01App, CWinApp)
END_MESSAGE_MAP()

// Создание CLab01App

CLab01App::CLab01App() noexcept
{

    SetAppID(_T("Lab01.AppID.NoVersion"));
}

// Единственный объект CLab01App

CLab01App theApp;


// Инициализация CLab01App
```

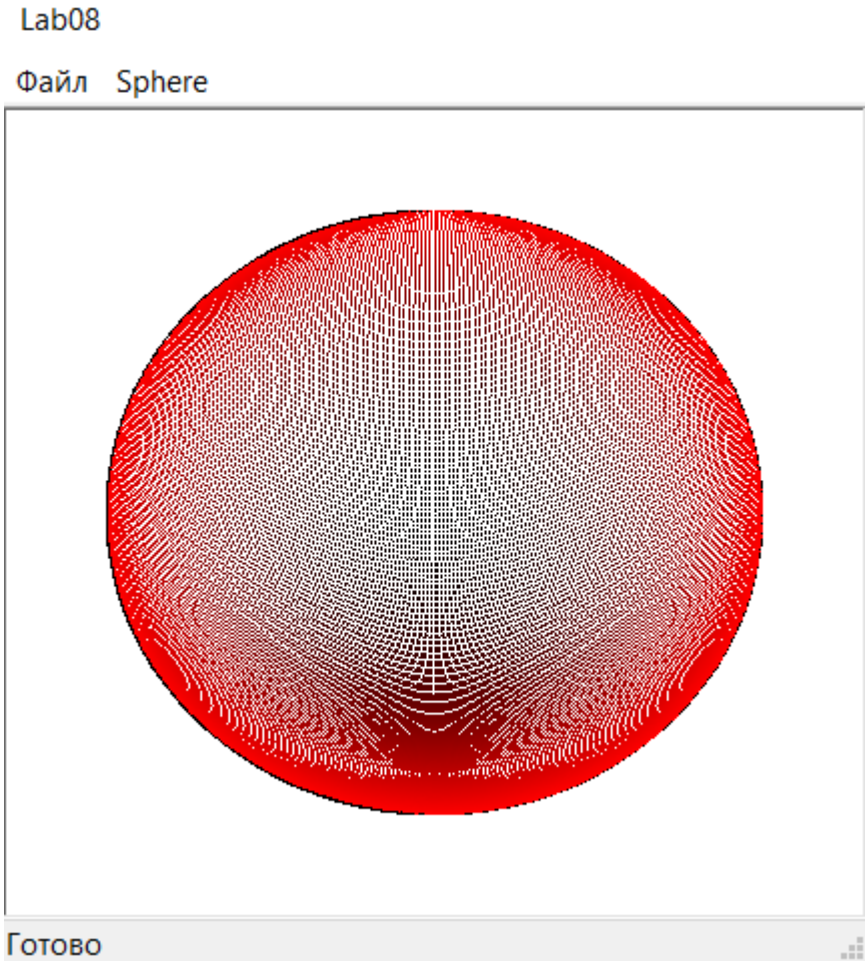
```
BOOL CLab01App::InitInstance()
{
    // InitCommonControlsEx() требуются для Windows XP, если манифест
    // приложения использует ComCtl32.dll версии 6 или более поздней версии для
включения
    // стилей отображения.  В противном случае будет возникать сбой при создании любого
окна.
    INITCOMMONCONTROLSEX InitCtrls;
    InitCtrls.dwSize = sizeof(InitCtrls);
    // Выберите этот параметр для включения всех общих классов управления, которые
необходимо использовать
    // в вашем приложении.
    InitCtrls.dwICC = ICC_WIN95_CLASSES;
    InitCommonControlsEx(&InitCtrls);

    CWinApp::InitInstance();


    // Инициализация библиотек OLE
    if (!AfxOleInit())
    {
        AfxMessageBox(IDP_OLE_INIT_FAILED);
        return FALSE;
    }

    AfxEnableControlContainer();

    EnableTaskbarInteraction(FALSE);

    // Для использования элемента управления RichEdit требуется метод
AfxInitRichEdit2()
    // AfxInitRichEdit2();

    // Стандартная инициализация
    // Если эти возможности не используются и необходимо уменьшить размер
    // конечного исполняемого файла, необходимо удалить из следующего
    // конкретные процедуры инициализации, которые не требуются
    // Измените раздел реестра, в котором хранятся параметры
    // TODO: следует изменить эту строку на что-нибудь подходящее,
    // например на название организации
    SetRegistryKey(_T("Локальные приложения, созданные с помощью мастера приложений"));


    // Чтобы создать главное окно, этот код создает новый объект окна
    // рамки, а затем задает его как объект основного окна приложения
    CFrameWnd* pFrame = new CMainFrame;
    if (!pFrame)
        return FALSE;
    m_pMainWnd = pFrame;
    // создайте и загрузите рамку с его ресурсами
    pFrame->LoadFrame(IDR_MAINFRAME,
        WS_OVERLAPPEDWINDOW | FWS_ADDTOTITLE, nullptr,
        nullptr);


    // Разрешить использование расширенных символов в горячих клавишах меню
    CMFCToolBar::m_bExtCharTranslation = TRUE;
```

```
    // Одно и только одно окно было инициализировано, поэтому отобразите и обновите его
    pFrame->ShowWindow(SW_SHOW);
    pFrame->UpdateWindow();
    return TRUE;
}

int CLab01App::ExitInstance()
{
    //TODO: обработайте дополнительные ресурсы, которые могли быть добавлены
    AfxOleTerm(FALSE);

    return CWinApp::ExitInstance();
}

// Обработчики сообщений CLab01App


// Диалоговое окно CAboutDlg используется для описания сведений о приложении

class CAboutDlg : public CDialogEx
{
public:
    CAboutDlg() noexcept;

    // Данные диалогового окна
#ifdef AFX_DESIGN_TIME
    enum { IDD = IDD_ABOUTBOX };
#endif

protected:
    virtual void DoDataExchange(CDataExchange* pDX);    // поддержка DDX/DDV

// Реализация
protected:
    DECLARE_MESSAGE_MAP()
};

CAboutDlg::CAboutDlg() noexcept : CDialogEx(IDD_ABOUTBOX)
{
}

void CAboutDlg::DoDataExchange(CDataExchange* pDX)
{
    CDialogEx::DoDataExchange(pDX);
}

BEGIN_MESSAGE_MAP(CAboutDlg, CDialogEx)
END_MESSAGE_MAP()

// Команда приложения для запуска диалога
void CLab01App::OnAppAbout()
{
    CAboutDlg aboutDlg;
    aboutDlg.DoModal();
}

// Обработчики сообщений CLab01App
```

Теперь наше приложение готово к сборке.
Запускаем отладчик:



Получаем такой вот результат:



Список литературы, рекомендуемый к прочтению:

- https://docs.microsoft.com/en-us/cpp/mfc/user-interface-elements-mfc?view=msvc-160 (MFC documentation)
- http://www.codenet.ru/progr/visualc/mfc/mfc2.php (MFC)
- https://coderoad.ru/25057471/Рисунок-3D-сфера-в-C-C (Понять физику)
- http://www.codenet.ru/progr/visualc/mfc/mfc10.php (Как рисовать)
- https://habr.com/ru/post/497808/ (Принципы построения)
- https://professorweb.ru/my/WPF/graphics_and_animation/level12/graph_animation_index.php (достаточно большая теоритическая база про рисование)